E/CONF.39/D/160
6 Nov.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : D.3.4

México

# EL USO DE ISOTOPOS RADIACTIVOS PARA RESOLVER PROBLEMAS ESPECIALES

Por Roberto MENDIOLA G.C.,
Maestro en Ciencias en Ingeniería Nuclear,
Profesor Investigador de la Escuela Superior
de Física y Matemáticas
del Instituto Politécnico Nacional

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veanse notas al dorso.)

## NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

# EL USO DE ISOTOPOS RADIACTIVOS PARA RESOLVER PROBLEMAS ESPECIALES

por Roberto Mendiola G.C.
Maestro en Ciencias en Ingeniería Nuclear
Profesor Investigador de la Escuela Superior de
Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional

## 1.- GENERALIDADES.

El desarrollo industrial de México en grandes proporciones podrá lograrse únicamente cuando el personal técnico mexicano esté suficientemente preparado, no sólo en las especialidades fundamentales de cada industria, sino también en las técnicas complementarias o auxiliares que contribuyen a resolver, mediante la investigación tecnológica, problemas básicos para su modernización y desarrollo.

Entre las técnicas auxiliares que pueden desempeñar un papel importante en el desarrollo de cualquier industria está la que corresponde al uso de materiales radiactivos, aprovechando, mediante un conocimiento completo de los procedimientos, toda la versatilidad de sus aplicaciones tan extensamente como sea posible.

El desarrollo de las aplicaciones industriales de las radiaciones nucleares traería consigo, además de la contribución en términos generales, el crecimiento industrial del país, en particular, la creación de nuevas industrias para fabricar todos los instrumentos detectores y de control y las fuentes radiactivas empleados en estas técnicas.

Para fomentar el desarrollo de las aplicaciones industriales de las radiaciones nucleares, se presentan y analizan los lineamientos generales que se cree deberán procurarse para que su desarrollo sea posible.

## 2.- INDUSTRIAS NACIONALES EN DESARROLLO Y LAS APLICACIONES DE LAS RADIACIONES NUCLEARES.

Las industrias nacionales, extractivas o de transformación, se encuentran, en la mayoría de los casos, en una fase de crecimiento en la que se emplean técnicas o procedimientos ya establecidos y que, por lo general, no fueron desarrollados en México. En muchas ocasiones, estos procedimientos pueden ser mejorados mediante la aplicación de métodos auxiliares modernos, los cuales, debido

principalmente a la falta de conocimientos completos por parte del personal técnico, no se aplican mientras no sea ésto una necesidad absoluta y, en cuyo caso, se recurre a la ayuda de técnicos extranjeros.

Esta es la situación actual con las aplicaciones industriales de las radiaciones nucleares. Para establecer como técnicas usuales el uso de radioisótopos, se requiere formar, al menos en un principio, un grupo de técnicos que, con conocimiento de los métodos, proponga la solución de diversos problemas de la industria, y se encargue de la producción de las substancias radiactivas necesarias y la construcción de instrumentos de medición y control. Posteriormente los procedimientos serían del dominio de un grupo de técnicos de cada industria y las aplicaciones especiales de las radiaciones nucleares serían extensas.

Las aplicaciones industriales de las radiaciones nucleares pueden clasificarse en la forma siguiente:

Industrias Extractivas.-

a) Trazadores para determinar cualitativa y cuantitativamente las características de las fuentes de suministro.

b) Marcadores en el manejo de materias primas.

c) Trazadores para indicar la efectividad de los métodos de producción.

d) Trazadores usados para probar y mejorar el diseño de los equipos empleados.

e) Fuentes radiactivas para efectuar análisis por radiactividad inducida.

Industrias de Transformación.-

f) Trazadores desempeñando funciones similares a las citadas en los puntos (c) y (d).

g) Marcadores en el manejo de productos elaborados.

h) Fuentes de radiactividad para producir, por efecto de las radiaciones, cambios especiales en la estructura molecular de algunos materiales.

Se observa que la principal aplicación de los radioisótopos es su empleo como trazadores o marcadores. Esto implica que, para cada aplicación, se deberá disponer de cierto tipo de substancias radiactivas con determinadas propiedades fisicoquímicas y, en particular por lo que respecta a sus características radiactivas, determinada actividad específica, radiaciones de cierto tipo, vida media, corta o larga, etc.

Debido a la gran variedad de aplicaciones y por tanto a la variedad de substancias radiactivas requeridas, es necesario establecer un plan coordinado de producción mediante el uso de reactores nucleares de fisión.

Para ilustrar lo antes expuesto, considérese como ejemplo de una industria extractiva y de transformación, la industria del petróleo.

En su aspecto de industria extractiva, algunas aplicaciones de los radioisótopos como trazadores pueden ser:

a) Registros radiactivos en el sondeo de pozos en exploración, para determinar características del subsuelo.

Las fuentes empleadas en algunos casos son emisoras de radiaciones gama, y en el registro se miden las radiaciones inducidas en los materiales componentes de la región que se desea explorar. La interpretación de los resultados se hace en forma cualitativa. En otros casos, las fuentes empleadas son emisoras de neutrones rápidos y en el registro que se corre se miden las radiaciones gama que resultan de las reacciones (neutrón, gama), o bien los neutrones lentos que resultan del proceso de termalización de neutrones rápidos en materiales de bajo peso atómico, como agua o hidrocarburos. En ambos casos, la interpretación de los resultados es cualitativa.

Una interpretación cuantitativa de resultados permitiría determinar con precisión ciertas características de los componentes y su disposición en el subsuelo necesarias para aumentar la efectividad de los métodos de exploración y explotación.

b) Diversas mediciones en el manejo de los materiales extraídos a base de fuentes radiactivas y detectores.

Se tienen los problemas de medición de niveles en tanques de almacenamiento, medición de flujos en el transporte de hidrocarburos, etc. Aunque estos problemas, en una forma generalizada, ya han sido resueltos, las situaciones particulares que se presentan en esta industria ameritan soluciones especiales que no han sido definidas con suficiente detalle, debido quizá a que implica el conocimiento completo de las técnicas aunado a la necesidad de realizar trabajos de investigación que preceden a la resolución de los problemas de cada caso.

En su aspecto de industria de transformación, las aplicaciones de los radioisótopos pueden ser muy diversas. Además de los puntos (a) y (b) citados anteriormente, relativos al manejo de productos, algunos de los problemas que se pueden presentar son los siguientes:

c) Determinación de las condiciones de trabajo de la maquinaria y equipos empleados, como por ejemplo oleoductos y gaseoductos. A este respecto se podrían emplear técnicas especiales para determinar fugas en las líneas, usando regularmente pequeñas cantidades de material radiactivo disuelto en el producto que se esté manejando y obteniendo un registro de radiactividad a lo largo de las líneas. Otra aplicación importante sería la determinación, mediante un método adecuado, del espesor de las paredes de la tubería que permita prever costosas fugas efectuando reparaciones oportunas.

d) Estudio de los distintos procesos químicos que se emplean en la elaboración de los productos, usando materiales radiactivos como trazadores, etc.

Ejemplos similares podrían citarse en relación con otras industrias y se deduciría, como sucede en el ejemplo considerado, que las aplicaciones son diversas y muy importantes y que se requiere una atención especial a todos los aspectos de esta tecnología, formando, inclusive, grupos de técnicos especializados para resolver los problemas y mejorar la efectividad de los métodos industria

les en general.

3.- TECNICAS, MATERIALES Y EQUIPO EN LAS APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS RADIOISOTOPOS.

Para establecer de una manera general las técnicas, materiales y equipo, adecuados para aplicar los radioisótopos en la industria, es conveniente definir, en forma concisa, la naturaleza de las radiaciones nucleares, los cambios que experimentan al sufrir interacciones con la materia y los procedimientos usuales de detección.

Los tipos principales de radiaciones nucleares son, partículas alfa, partículas beta y rayos gama. Las partículas alfa son núcleos de helio o átomos de helio cargados positivamente. Las partículas beta son simplemente electrones. Las radiaciones gama son similares en naturaleza a los rayos X, a la luz y a otras radiaciones electromagnéticas.

En algunos casos se tienen fuentes de neutrones, las cuales consisten en una fuente de rayos gama bombardeando un material en el cual ocurre la reacción (gama, neutrón), dando por resultado la emisión de neutrones.

Las partículas alfa experimentan colisiones con los átomos del medio, degradando su energía hasta que, a bajas velocidades, retienen electrones y neutralizan su carga, convirtiéndose en átomos de helio. Su rango de penetración, debido a su gran masa (grande comparada con la de otras radiaciones), es muy pequeño, y su principal efecto es la ionización y excitación de los átomos con los cuales sufre colisiones.

Las partículas beta experimentan colisiones con los átomos del medio degradando su energía hasta llegar a un estado de equilibrio térmico con la población total de electrones del medio. Su rango de penetración depende de su energía, y es considerablemente mayor que el de las partículas alfa. Como resultado de su interacción con el medio, los electrones producen la ionización y excitación de los átomos y la emisión de rayos X de baja energía que resulta de la aceleración negativa a que quedan sujetos los electrones (bremsstrahlung). Eventualmente ocurren recombinaciones entre un electrón y un positrón, aniquilándose mutuamente para dar origen a dos fotones de una energía de 0.51 Mev. cada uno..

La interacción de los rayos gama con la materia ocurre, principalmente a través de tres mecanismos: Efecto Fotoeléctrico, Efecto Compton y Producción de Par. Eventualmente ocurrirán reacciones nucleares.

Como resultado del Efecto Fotoeléctrico, se liberan electrones orbitales de los átomos del medio. El Efecto Compton produce fotones dispersados de menor energía y electrones libres que reculan con determinada energía. La formación de par da lugar a la desaparición de un fotón para formar un electrón y un positrón con una energía cinética determinada.

La probabilidad de que el proceso de interacción sea uno de los cuatro antes citados, así como también el rango de penetración de los rayos gama, dependen de las características del medio y de la energía de estas radiaciones.

La detección de las radiaciones nucleares, o sea la indicación de su presencia y la medición de su energía, cantidad y otras propiedades, se lleva a cabo midiendo los efectos que resultan de su

interacción con un material del aparato detector. Los detectores que usan el efecto de ionización del medio pueden ser, cámaras de ionización, contadores proporcionales, contadores Geiger-Müller, contadores de cristal, etc.

Los contadores que usan el efecto de excitación de los átomos o, en algunos casos, la disociación molecular, pueden ser los contadores de centelleo, las emulsiones fotográficas, etc.

En algunos casos estos contadores trabajan dando un nivel medio de señal y en otros dando una sucesión de pulsos y pueden ser usados para determinar el tipo de las radiaciones, su cantidad y energía.

Asociados con los dispositivos de detección se pueden tener escaladores, analizadores, registradores, y varios otros dispositivos de medición, generalmente del tipo electrónico.

Al considerar un problema específico de una industria que sea necesario resolver por medio de la aplicación de radiaciones nucleares, se tendrá que definir la siguiente información:

a) Tipo de radiaciones cantidad y energía necesarias.

b) Substancia radiactiva que además de satisfacer los requisitos del punto (a), reuna ciertas propiedades fisicoquímicas, como estado físico, densidad, solubilidad, vida media, afinidad química, etc. y que su costo esté de acuerdo con la importancia de su aplicación.

c) Cambios que ocurrirán en la radiación y que serán medidos.

i) El incremento de la cantidad de radiación, debido a un efecto de aumento que resulta para determinadas geometrías de la fuente radiactiva, el detector y los materiales o componentes del medio donde la prueba se realice.

ii) El decremento en la cantidad de radiación debido a un proceso de atenuación por absorción o dispersión de la radiación en su trayectoria a través del medio donde la prueba se verifique.

iii) La disminución de energía de las radiaciones debido a su interacción con el medio donde se lleve a cabo la prueba.

iv) Cambio en el tipo de radiación debido a que ocurran reacciones nucleares en el medio de prueba o simplemente que el tipo de interacción sea tal que aparezcan nuevas radiaciones sin ser propiamente de origen nuclear.

d) Tipo de aparatos detectores usados. En el caso en que se desee medir los cambios en la cantidad de radiación, se podrán usar cámaras de ionización, contadores proporcionales, contadores Geiger-Müller, emulsiones fotográficas, etc., dependiendo del tipo de radiación, la sensibilidad requerida y las facilidades mecánicas de montaje y operación que sean necesarias.

En el caso en que se desee medir los cambios de energía de la radiación, convendrá usar contadores de centelleo, los cuales permiten discriminar con bastante precisión, radiaciones de energías diferentes.

e) Materiales para fabricar los dispositivos de prueba. Estos incluyen desde los elementos para el montaje de la fuente y el detector, hasta los elementos reflectores de radiaciones, blindajes, etc.

Acerca de los materiales, es necesario conocer secciones transversales y coeficientes de absorción para los distintos tipos

de interacciones en diferentes materiales, además de otras propiedades físicas y químicas necesarias en el diseño de los dispositivos.

f) Equipo electrónico de medición y control, diseñado o adaptado para resolver cada caso particular.

4.- PLAN COORDINADO DE PRODUCCION Y APLICACION DE RADIOISOTOPOS.

Para fomentar el desarrollo de las aplicaciones industriales de las radiaciones nucleares, se propone la integración de un grupo de técnicos dependiente de un organismo oficial o descentralizado, que se encargue de estudiar y proponer soluciones a los diversos problemas de la industria que se estime puedan ser resueltos eficientemente por estos métodos.

Para resolver estos problemas, en muchos casos será necesario pasar por una fase de investigación, generalmente del tipo experimental, la cual convendrá que sea pagada, no por la industria donde se vayan a aplicar los resultados, sino por el organismo del cual dependa el grupo de técnicos, y sólo en el caso de lograr un éxito completo en el trabajo, incluyendo costos razonables, será la industria beneficiada la que finalmente pague todos los gastos efectuados.

En esta forma se estaría realizando una investigación tecnológica que siempre daría como resultado, independientemente de lograr una solución satisfactoria del problema, nuevas experiencias y conocimientos valiosos en el desarrollo de esta tecnología.

Entre las funciones de este grupo de técnicos estaría manejar la producción de substancias radiactivas, según un programa de necesidades. Para ello se usaría uno o varios reactores nucleares de fisión diseñados para producir radioisótopos. Debido al alto costo de construcción y operación de estos reactores nucleares será necesario que el programa de producción sea óptimo y se tenga de él un control extricto por parte de este grupo de técnicos.

Una vez que se haya logrado iniciar en esta forma el desarrollo de esta tecnología, será conveniente que técnicos de las distintas industrias reciban adiestramientos adecuados, por parte del grupo originalmente formado o bien de instituciones de enseñanza superior, a fin de que se capaciten para resolver los problemas de su propia industria y alcanzar, en esta forma, el desarrollo completo que se desea.

5.- CONCLUSIONES.-

El desarrollo de las aplicaciones industriales de los radioisótopos está obstaculizado actualmente por la carencia de técnicos capacitados en número suficiente y de medios adecuados.

Centralizando en un principio las actividades en esta especialidad en un grupo de técnicos preparados, será posible impulsar el desarrollo de estas aplicaciones para resolver distintos problemas con resultados positivos para la industria en general y crear además la industria de fabricación de detectores y aparatos de medición y control y la producción de substancias radiactivas.

Posteriormente esta tecnología se hará del dominio de personal de todas las industrias, alcanzando así un desarrollo considerable para beneficio y progreso del país.



1187 S Nov.1962 - 600